

Measurement device for rotating object, especially tool, workpiece, or machine part

Patent number: DE19813041
Publication date: 1999-10-07
Inventor: HILLENBRAND SIEGFRIED (DE); ADAMITZKI WOLFGANG (DE)
Applicant: HILLENBRAND SIEGFRIED (DE)
Classification:
- **international:** G01B15/00; G01B15/08; G01P3/48; B23Q17/09; B24B49/00; G01N22/02
- **european:** B23Q17/09; B23Q17/20; B24B49/00; G01B15/04; G01N23/02; G01P3/48
Application number: DE19981013041 19980325
Priority number(s): DE19981013041 19980325

Report a data error here

Abstract of DE19813041

The device includes a transmitter and a receiver (6) for transmitting and/or receiving electromagnetic radiation, as well as an evaluation unit (7) which detects frequency differences between a transmitted signal and a corresponding received signal. The frequencies are preferably chosen in the radar- and/or microwave range, and the receiver is arranged in a certain angle with respect to a rotation axis (5) of the object (4) to be measured. An Independent claim is provided for a corresponding measurement method.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 13 041 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 198 13 041.4
㉔ Anmeldetag: 25. 3. 98
㉕ Offenlegungstag: 7. 10. 99

㉖ Int. Cl.⁶:
G 01 B 15/00
G 01 B 15/08
G 01 P 3/48
B 23 Q 17/09
B 24 B 49/00
G 01 N 22/02

DE 198 13 041 A 1

㉗ Anmelder:
Hillenbrand, Siegfried, 72461 Albstadt, DE

㉘ Vertreter:
Patentanwälte Eisele, Dr. Otten, Dr. Roth & Dr.
Dobler, 88212 Ravensburg

㉙ Erfinder:
Hillenbrand, Siegfried, 72461 Albstadt, DE;
Adamitzki, Wolfgang, 09376 Oelsnitz, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

㉚ **Vorrichtung und Verfahren zur Vermessung rotierender Gegenstände**

㉛ Es wird eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Vermessung rotierender Gegenstände, beispielsweise von Werkzeugen oder Werkstücken vorgeschlagen, mittels dem Prozeßparameter, des rotierenden Gegenstands ohne Beeinträchtigung von Verschmutzungen oder sonstigen Umwelteinflüssen schnell und zuverlässig zu erfassen ist. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß eine Vorrichtung zum Senden und Empfangen elektromagnetischer Strahlung sowie eine Auswerteinheit vorgesehen wird, die in der Lage ist, Frequenzdifferenzen zwischen einem Sendesignal und einem Empfangssignal zu detektieren.

DE 198 13 041 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Vermessung rotierender Gegenstände nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Viele Werkzeuge, beispielsweise Schleifscheiben, Bohrer Fräser, Sägen oder dergleichen befinden sich im Betrieb in einer Rotation mit teilweise relativ hohen Drehzahlen. Während eines Fertigungsprozesses kann ein solches Werkzeug, beispielsweise in Folge von normalem Verschleiß oder auch infolge eines Defekts eine Abnutzung oder sonstigen Materialverlust erleiden. Wird mit einem derart defekten oder abgenutzten Werkzeug weitergearbeitet, so sind in der Regel unbrauchbare Werkstücke die Folge. Die Überwachung derartiger Werkzeuge ermöglicht es daher, im Falle eines Defekts oder eines zu großen Verschleißes rechtzeitig zu reagieren und gegebenenfalls das Werkzeug zu warten oder auszutauschen.

Auch in anderen Anwendungen ist eine Vermessung rotierender Gegenstände, beispielsweise von Drehteilen während der Fertigung, von drehenden Wellen in Maschinen oder dergleichen von Vorteil.

Üblicherweise sind jedoch fertigungsbedingte Arbeitsvorgänge von großen Verschmutzungen, beispielsweise durch Kühlschmiermittel, Wasser, Schleifabrieb oder dergleichen, oder auch von sonstigen Umwelteinflüssen wie beispielsweise Beleuchtungsverhältnisse, Wärmestrahlungen, Luftbewegungen bzw. Schallwellen etc. begleitet. Eine herkömmliche optische Überwachung von Prozeßparametern bereitet daher häufig Probleme, da die Meßergebnisse durch solche Verschmutzungen beeinträchtigt werden.

Die Erfindung hat daher die Aufgabe, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Vermessung von rotierenden Gegenständen vorzuschlagen, die von derartigen Verschmutzungen oder sonstigen Umwelteinflüssen unbeeinträchtigt sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung möglich.

Dementsprechend zeichnet sich eine erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch aus, daß ein Sender und ein Empfänger zum Senden bzw. Empfangen elektromagnetischer Strahlung sowie eine Auswerteeinheit vorgesehen ist, die in der Lage ist, Frequenzdifferenzen zwischen einem Sendesignal und einem Empfangssignal zu detektieren.

Die Erfindung macht sich dabei zu Nutze, daß durch den sogenannten Dopplereffekt das an einer bewegten Oberfläche reflektierte Signal eine entsprechend der Bewegungsrichtung verlaufende Frequenzverschiebung erfährt. Diese Frequenzverschiebung, die der Differenz zwischen Sendesignal und Empfangssignal entspricht, hängt unmittelbar von der Geschwindigkeit der reflektierenden Oberfläche ab.

Bei einem Gegenstand, der mit einer bestimmten Winkelgeschwindigkeit rotiert, treten hierbei Reflexionen des Sendesignals in Bereichen mit unterschiedlicher Relativgeschwindigkeit in Bezug auf den Empfänger auf. Daher ist das Doppler-Frequenzspektrum in der Regel breit verteilt. Die Tangentialgeschwindigkeit von Reflexionspunkten an dem rotierenden Gegenstand ist jedoch durch den maximalen Radius begrenzt. Hierdurch ergibt es sich, daß das Doppler-Frequenzspektrum bei einer Grenzfrequenz oder sogenannter cutoff-Frequenz schlagartig in einer abfallenden Flanke endet.

Bei bekanntem Durchmesser bzw. Maximalradius des rotierenden Gegenstandes läßt sich somit anhand dieser Grenzfrequenz die Winkelgeschwindigkeit bzw. die Drehzahl bestimmen und somit auch überwachen. Im Gegenzug

hierzu ist es ebenfalls möglich, bei bekannter Drehzahl anhand dieser Grenzfrequenz den maximalen Radius, das heißt, bei kreisförmigen Scheiben den Außenumfang zu messen und zu überwachen.

Andere Parameter, beispielsweise die Oberflächenbeschaffenheit des rotierenden Gegenstands lassen sich über das Frequenzspektrum ebenso überwachen. Die Abnutzung einer Schleifscheibe beispielsweise läßt sich nicht nur durch die Lage der Grenzfrequenz, sondern auch durch die Form der abfallenden Flanke an dieser Stelle bestimmen. Wird beispielsweise das Reflexionsvermögen einer Schleifscheibe im Bereich des Außenumfangs durch verschleißbedingten Verlust von Diamantpartikeln verändern, so ändert sich der entsprechende Frequenzbereich im Doppler-Spektrum. In einem solchen Fall ist es beispielsweise ohne weiteres möglich, den Verschleiß sowie die Drehzahl durch dasselbe Meßverfahren in einem Spektrum zu kontrollieren.

Durch die Begrenzung der Tangentialgeschwindigkeit aufgrund des maximal feststehenden Drehradius können Verschmutzungen, beispielsweise Schleifpartikel, Wasser oder dergleichen keine oberhalb der Grenzfrequenz liegende Beiträge für das Doppler-Spektrum liefern. Daher sind derartige Messungen unbeeinträchtigt von derartigen Einflüssen.

Die Unempfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen und Umwelteinflüssen läßt sich durch geeignete Auswahl des Frequenzbereiches verbessern. In einer besonderen Ausführungsform werden daher für die Messung Frequenzen im Radarwellen- bzw. Mikrowellenbereich gewählt. Bevorzugt bewegt sich die verwendete Frequenz innerhalb eines Intervalls von 2-100 GHz.

Elektromagnetische Strahlung in diesem Frequenzbereich dringt durch Ölnebel, Wasserdampf oder sonstige Verschmutzungen ebenso ungehindert hindurch, wie beispielsweise durch Kunststoff, Stein oder Holz. Auch die Beleuchtungsverhältnisse im sichtbaren Bereich, eine etwaige Wärmestrahlung oder Luftbewegungen beeinflussen in diesem Frequenzbereich das Meßergebnis nicht.

Es ist beispielsweise ohne weiteres möglich, die Sensoranordnung in einem entsprechenden Schutzgehäuse aus Kunststoff unterzubringen, so daß sie vor entsprechenden Verschmutzungen geschützt ist, jedoch aufgrund der Art der elektromagnetischen Strahlung ungehindert den rotierenden Gegenstand erfassen kann.

Dabei ist eine derartige Sensoranordnung sehr schnell und hoch empfindlich, weshalb sie für den Einsatz unter rauen Prozeßbedingungen besonders interessant ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird die Sensoranordnung, das heißt der Sender und der Empfänger unter einem bestimmten Winkel in Bezug zur Drehachse des zu vermessenden Gegenstandes angeordnet. Dies hat den Vorteil, daß ein hoher Anteil der tangentialen Geschwindigkeit durch das Doppler-Frequenzspektrum erfaßt wird.

Weiterhin wird in einer besonderen Ausführungsform ein Referenzspektrum eines rotierenden Gegenstands aufgenommen, das als Vergleichsspektrum zur Erkennung sich verändernder Prozeßparameter verwendet wird. Dieses Referenzspektrum wird in einer entsprechenden Speichereinheit abgelegt und kann somit jederzeit zum Vergleich mit aktuell erfaßten Daten herangezogen werden.

Es ist ebenso möglich, eine Vielzahl von Referenzspektren abzuspeichern, von denen jedes einem bestimmten Zustand von Prozeßparametern entspricht. So können beispielsweise verschiedene Spektren aus der Vermessung von Schleifscheiben abgelegt werden, wobei jedes Spektrum einem bestimmten Verschleißzustand entspricht. In diesem Fall kann durch Vergleich des aktuellen Spektrums mit den Referenzspektren das Referenzspektrum bestimmt werden, das dem aktuellen Spektrum am nächsten kommt, wobei da-

von auszugehen ist, daß dementsprechend die aktuellen Prozeßparameter denjenigen dieses Frequenzspektrums am ehesten entsprechen.

Eine erfindungsgemäße Sensoranordnung kann für vielfältige Zwecke verwendet werden. Sie eignet sich besonders gut zur laufenden Überwachung von Prozeßparametern während der Fertigung sowie zur Qualitätskontrolle von Werkstücken.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend näher erläutert.

Im einzelnen zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung zur Überwachung einer Schleifscheibe,

Fig. 2 zwei Doppler-Frequenzspektren, die an rotierenden Schleifscheiben mit verschiedenem Abnutzungsgrad aufgenommen wurden und

Fig. 3 zwei Doppler-Frequenzspektren, die an rotierenden Schleifscheiben mit unterschiedlichem Durchmesser aufgenommen wurden.

Die Vorrichtung 1 gemäß Fig. 1 zeigt ein Spannfutter 2, in dem über einen Spannschaft 3 eine Schleifscheibe 4 eingespannt ist. Unter einem Winkel θ zur Drehachse 5 der Schleifscheibe 4 ist ein Radarsensor 6 mit einer Auswerteeinheit 7 angeordnet.

Der Radarsensor 6 besteht im wesentlichen aus zwei Bestandteilen: dem eigentlichen HF-Generator und -Empfänger (das sogenannte "front-end") mit dem die elektromagnetischen Wellen erzeugt, auf das interessierende Produkt gestrahlt und wieder empfangen werden.

Die Auswerteeinheit 7 ist, wie oben angeführt, dafür ausgebildet, die Frequenzdifferenz zwischen Sendesignal und Empfangssignal auszuwerten. Diese Frequenzdifferenz, die sogenannte Doppler-Frequenz ist bei einer Anordnung wie vorbeschrieben über einen gewissen Frequenzbereich verteilt.

Fig. 2 zeigt eine hellere Kurve, die das Doppler-Frequenzspektrum einer intakten Schleifscheibe wiedergibt. Es ist deutlich erkennbar, daß Dopplerfrequenzen zwischen 0 und 2600 Hz auftreten. Die Grenzfrequenz von 2600 Hz entspricht einer maximalen Tangentialgeschwindigkeit V_T , die wie folgt berechnet werden kann.

$$V_T = f_G \cdot C / (2 \cdot K_R \cdot f_R \sin \theta),$$

wobei K_R ein Korrekturfaktor zur Beschreibung der Wellenstreuung an der Rauigkeit der Scheibe, C die Lichtgeschwindigkeit, f_G die Grenzfrequenz, f_R die Frequenz der reflektierten Strahlung und θ den Winkel zwischen Schleifscheibenachse und Blickrichtung des Sensors darstellt.

Fehlen die Diamantpartikel auf der Schleifscheibenoberfläche durch Abnutzung, so nimmt auch die Intensität der Spektralanteile ab, die deren Tangentialgeschwindigkeit entsprechen. Es bleiben Anteile, die von weiter innen liegenden und mit geringerer als der Tangentialgeschwindigkeit sich bewegenden Bereichen der Scheiben stammen. Die Grenzfrequenz des Signals verschiebt sich demzufolge bei Abnutzung der Scheibe.

Das dunklere Spektrum gemäß Fig. 2 entspricht einer abgenutzten Diamantschleifscheibe. Deutlich sichtbar ist der Wegfall der Frequenzanteile oberhalb von 1850 Hz.

Im Doppler-Spektrum gemäß Fig. 3 sind zwei Schleifscheiben unterschiedlichen Durchmessers vermessen. Auch hier ist deutlich erkennbar, daß die Grenzfrequenz der Schleifscheibe mit größerem Durchmesser sich deutlich von derjenigen der Schleifscheibe mit kleinerem Durchmesser unterscheidet. Diese Spektren gemäß Fig. 3 veranschauli-

chen unmittelbar, wie die erfindungsgemäße Vorrichtung beispielsweise zur Kontrolle darüber verwendet werden kann, ob eine Schleifscheibe korrekten Durchmessers, innerhalb eines Fertigungsautomates für den jeweils vorgesehenen Vorgang verwendet wird.

Bei dem beschriebenen Meßverfahren ist es aufgrund der Radarsensorik unerheblich, ob Kühlmittel oder Späne oder dergleichen von der Scheibe tangential weggeschleudert werden. Auch diese Teilchen besitzen innerhalb eines breiten Geschwindigkeitspektrums eine maximale Geschwindigkeit, die gerade der Tangentialgeschwindigkeit der Scheibe entsprechen. Unmittelbar nach dem Vorgang des Wegschleuderns werden diese Teilchen zwangsweise abgebremst, so daß hieraus nur niederfrequenterer Anteile im Doppler-Frequenzspektrum entstehen können.

Bezugszeichenliste

- 1 Vorrichtung
- 2 Spannfutter
- 3 Spannschaft
- 4 Schleifscheibe
- 5 Drehachse
- 6 Radarsensor
- 7 Auswerteeinheit

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Vermessung rotierender Gegenstände (4) insbesondere von Werkzeugen wie Schleifscheiben, Bohrern, Fräsen, Sägen etc. oder von Werkstücken wie Drehteile, etc. oder von Maschinenteilen wie drehende Wellen oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sender und ein Empfänger (6) zum Senden bzw. Empfangen elektromagnetischer Strahlung sowie eine Auswerteeinheit (7) vorgesehen ist, die in der Lage ist, Frequenzdifferenzen zwischen einem Sendesignal und einem zugehörigen Empfangssignal zu detektieren.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzen im Radarwellen bzw. Mikrowellenbereich gewählt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Empfänger unter einem bestimmten Winkel θ im Bezug zur Drehachse (5) des zu vermessenden Gegenstandes (4) angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Sender und Empfänger in eine Sensoreinheit (6) integriert sind.
5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Datenspeicher in der Auswerteeinheit (7) zur Abspeichern von Referenzdaten vorgesehen ist.
6. Verfahren zur Vermessung rotierender Gegenstände, insbesondere von Werkzeugen wie Schleifscheiben, Bohrern, Fräsen, Sägen etc. oder von Werkstücken wie Drehteile etc. oder von Maschinenteilen wie drehende Wellen oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorrichtung
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Lage der Grenzfrequenz des Spektrums der Differenzfrequenzen eine Tangentialgeschwindigkeit bestimmt wird.
8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert der Tangentialgeschwindigkeit zur Bestimmung des maximalen Rotationsradius des rotierenden Gegenstandes verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die bestimmte Tangentialgeschwindigkeit zur Drehzahlbestimmung verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Form der Flanke im Bereich der Grenzfrequenz zur Bestimmung von Materialparametern im Bereich des maximalen Rotationsradius verwendet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß mit einer Vorrichtung oder gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 eine Prozeßüberwachung und/oder Qualitätskontrolle während der Fertigung von Werkstücken durchgeführt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

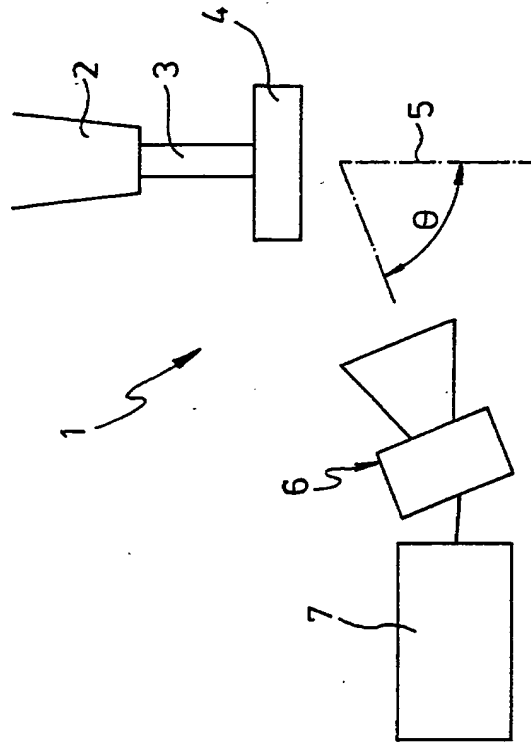


Fig. 1

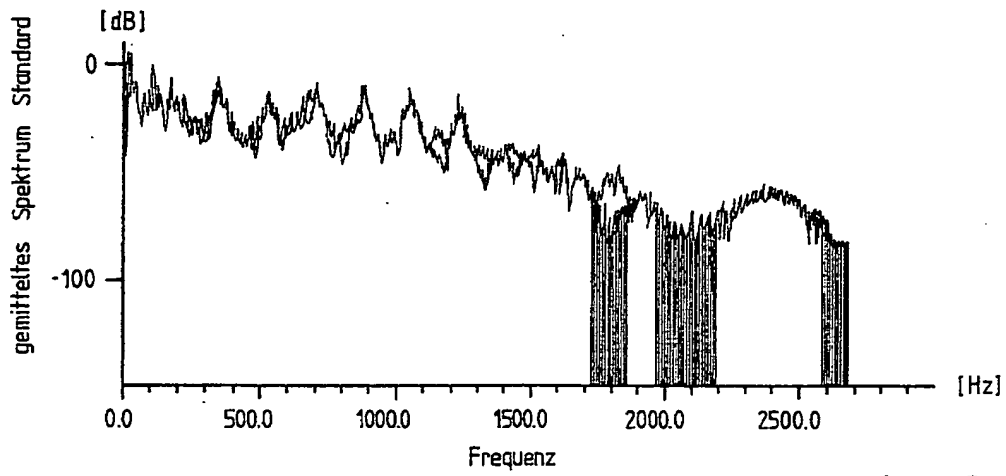


Fig. 2

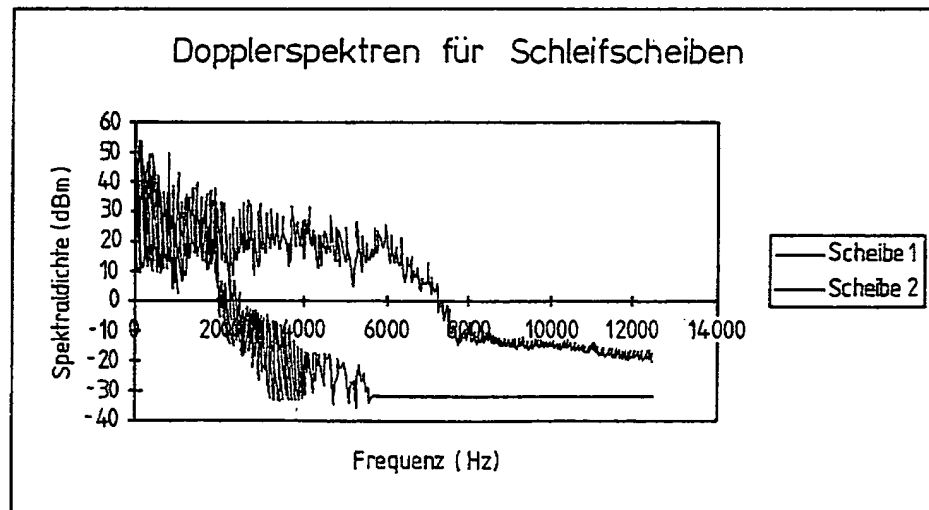


Fig. 3